

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5160802号
(P5160802)

(45) 発行日 平成25年3月13日 (2013. 3. 13)

(24) 登録日 平成24年12月21日 (2012. 12. 21)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 1 B

C 2 3 C 16/509 (2006. 01)

C 2 3 C 16/509

H O 5 H 1/46 (2006. 01)

H O 5 H 1/46 M

請求項の数 35 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2007-81193 (P2007-81193)
(22) 出願日 平成19年3月27日 (2007. 3. 27)
(65) 公開番号 特開2008-244063 (P2008-244063A)
(43) 公開日 平成20年10月9日 (2008. 10. 9)
審査請求日 平成22年1月8日 (2010. 1. 8)

(73) 特許権者 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目3番1号
(74) 代理人 100086564
弁理士 佐々木 聖孝
(72) 発明者 山澤 陽平
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
送センター 東京エレクトロン株式会社内
審査官 長谷部 智寿

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空排気可能な処理容器と、

前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第1の電極と、

前記処理容器内で前記第1の電極と向かい合って配置される第2の電極と、

前記第1の電極と前記第2の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記第1の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波電源と、

前記第1の電極の主面に絶縁体を介して埋め込まれ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、

前記第1の高周波電源より前記第1の電極に印加される前記第1の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすための第1の高周波漏洩部とを具備し、前記第1の高周波漏洩部が、前記中心導体もしくは前記周辺導体からグランド電位に通じる第1の伝送ラインと、前記第1の伝送ライン上で前記第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1のインピーダンス調整部とを有するプラズマ処理装置。

10

20

【請求項 2】

前記第 1 の高周波漏洩部が、前記第 1 の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために前記第 1 の高周波を漏らす、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、前記第 1 の伝送ラインに設けられた可変の第 1 のインピーダンス回路を有する、請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、

前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の高周波電流測定部と、

前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 のインピーダンス制御部と

を有する、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 の電極に前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源と、

前記第 2 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 2 の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすための第 2 の高周波電流漏洩部と

を有する請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 の高周波が、前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、

前記第 1 の高周波漏洩部が、前記第 1 の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために前記第 1 の高周波を漏らし、

前記第 2 の高周波が、前記第 1 の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、

前記第 2 の高周波漏洩部が、前記第 1 の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために前記第 2 の高周波を漏らす、

請求項 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記第 2 の高周波漏洩部が、

前記中心導体もしくは前記周辺導体からグランド電位に通じる第 2 の伝送ラインと、

前記第 2 の伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 のインピーダンス調整部と

を有する、請求項 5 または請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、前記第 1 の伝送ラインに設けられた可変の第 1 のインピーダンス回路を有し、

前記第 2 のインピーダンス調整部が、前記第 2 の伝送ラインに設けられた可変の第 2 のインピーダンス回路を有する

請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の高周波電流測定部と、前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 のインピーダンス制御部とを有し、

前記第 2 のインピーダンス調整部が、前記第 2 の伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 2 の高周波電流測定部と、前記第 2 の伝送ラインを流れる前記第 2

10

20

30

40

50

の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 のインピーダンス制御部とを有する

請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

真空排気可能な処理容器と、

前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 1 の電極と、

前記処理容器内で前記第 1 の電極と向かい合って配置される第 2 の電極と、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記第 1 の電極に第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源と、

前記第 1 の電極の主面に絶縁体を介して埋め込まれ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、

前記第 1 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 1 の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ漏らすための第 1 の高周波漏洩部と

を具備し、

前記第 1 の高周波漏洩部が、

前記中心導体からグランド電位に通じる中心伝送ラインと、

前記中心伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 の中心インピーダンス調整部と、

前記周辺導体からグランド電位に通じる周辺伝送ラインと、

前記周辺伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 の周辺インピーダンス調整部と

を有するプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 1 の中心インピーダンス回路を有し、

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 1 の周辺インピーダンス回路を有する、

請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の中心インピーダンス制御部とを有し、

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の周辺高周波電流測定部と、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の周辺インピーダンス制御部とを有する、

請求項 11 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 の電極に前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源と、

前記第 2 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 2 の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ漏らすための第 2 の高周波電流漏洩部と

を有する請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記第 1 の高周波が、前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するのに適した周

10

20

30

40

50

波数を有し、

前記第 1 の高周波漏洩部が、前記第 1 の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために前記第 1 の高周波を漏らし、

前記第 2 の高周波が、前記第 1 の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、

前記第 2 の高周波漏洩部が、前記第 1 の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために前記第 2 の高周波を漏らす

請求項 1 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 の高周波漏洩部が、前記中心導体に接続された中心伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 の中心インピーダンス調整部と、前記周辺導体に接続された周辺伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 の周辺インピーダンス調整部とを有し、

前記第 2 の高周波漏洩部が、前記中心伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 の中心インピーダンス調整部と、前記周辺伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 の周辺インピーダンス調整部とを有する、

請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 1 の中心インピーダンス回路を有し、

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 1 の周辺インピーダンス回路を有し、

前記第 2 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 2 の中心インピーダンス回路を有し、

前記第 2 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 2 の周辺インピーダンス回路を有する

請求項 1 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の中心インピーダンス制御部とを有し、

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の周辺高周波電流測定部と、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の周辺インピーダンス制御部とを有し、

前記第 2 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 2 の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 の中心インピーダンス制御部とを有し、

前記第 2 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 2 の周辺高周波電流測定部と、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 の周辺インピーダンス制御部とを有する、

請求項 1 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 8】

真空排気可能な処理容器と、

前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 1 の電極と、

10

20

30

40

50

前記処理容器内で前記第 1 の電極と向かい合って配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 2 の電極と、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記第 1 の電極に第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源と、

前記第 2 の電極に前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源と、

前記第 1 の電極の主面に絶縁体を介して設けられ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、

前記第 2 の高周波電源より前記第 2 の電極に印加される前記第 2 の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ引き込むための高周波引き込み部と

を具備し、

前記高周波引き込み部が、

前記中心導体もしくは前記周辺導体からグランド電位に通じる第 1 の伝送ラインと、

前記第 1 の伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第

1 のインピーダンス調整部と

を有するプラズマ処理装置。

【請求項 19】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、

前記第 1 の伝送ラインに設けられた可変の第 1 のインピーダンス回路と、

前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の高周波電流測定部と、

前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 のインピーダンス制御部と

を有する請求項 18 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 20】

前記第 1 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 1 の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすための高周波漏洩部を有する、請求項 18 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 21】

前記第 2 の高周波が、前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、

前記高周波引き込み部が、前記第 1 の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために前記第 2 の高周波を引き込み、

前記第 1 の高周波が、前記第 1 の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、

前記高周波漏洩部が、前記第 1 の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために前記第 1 の高周波を漏らす、

請求項 20 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 22】

前記高周波漏洩部が、

前記中心導体もしくは前記周辺導体からグランド電位に通じる第 2 の伝送ラインと、

前記第 2 の伝送ライン上で所望のインピーダンスを与える第 2 のインピーダンス調整部とを有する、

請求項 20 または請求項 21 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 23】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、前記伝送ラインに設けられた可変の第 1 のインピーダンス回路を有し、

10

20

30

40

50

前記第 2 のインピーダンス調整部が、前記伝送ラインに設けられた可変の第 2 のインピーダンス回路を有する、

請求項 2 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 4】

前記第 1 のインピーダンス調整部が、前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の高周波電流測定部と、前記第 1 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 のインピーダンス制御部とを有し、

前記第 2 のインピーダンス調整部が、前記第 2 の伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 2 の高周波電流測定部と、前記第 2 の伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 のインピーダンス制御部とを有する、

請求項 2 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 5】

真空排気可能な処理容器と、

前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 1 の電極と、

前記処理容器内で前記第 1 の電極と向かい合って配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 2 の電極と、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記第 1 の電極に第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源と、

前記第 2 の電極に前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を印加する第 2 の高周波電源と、

前記第 1 の電極の主面に絶縁体を介して設けられ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、

前記第 2 の高周波電源より前記第 2 の電極に印加される前記第 2 の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ引き込むための高周波引き込み部と

を具備し、

前記高周波引き込み部が、

前記中心導体からグラウンド電位に通じる中心伝送ラインと、

前記中心伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 の中心インピーダンス調整部と、

前記周辺導体からグラウンド電位に通じる周辺伝送ラインと、

前記周辺伝送ライン上で前記第 2 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 の周辺インピーダンス調整部と

を有するプラズマ処理装置。

【請求項 2 6】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、

前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 1 の中心インピーダンス回路と、

前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の中心高周波電流測定部と、

前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の中心インピーダンス制御部と

を有する、請求項 2 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 7】

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、

前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 1 の周辺インピーダンス回路と、

前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の周辺高周波電流測定部と、

前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の周辺インピーダンス制御部と

を有する、請求項 2 5 または請求項 2 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 8】

前記第 1 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 1 の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ漏らすための高周波漏洩部を有する、請求項 2 5 に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 2 9】

前記第 2 の高周波が、前記処理空間で前記処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、

前記高周波引き込み部が、前記第 1 の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために前記第 2 の高周波を引き込み、

前記第 1 の高周波が、前記第 1 の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、

前記高周波漏洩部が、前記第 1 の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために前記第 1 の高周波を漏らす、

請求項 2 8 に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 3 0】

前記高周波漏洩部が、

前記中心伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 の中心インピーダンス調整部と、

前記周辺伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 2 の周辺インピーダンス調整部と

を有する、請求項 2 8 または請求項 2 9 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 1】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 1 の中心インピーダンス回路を有し、

30

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 1 の周辺インピーダンス回路を有し、

前記第 2 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインに設けられた可変の第 2 の中心インピーダンス回路を有し、

前記第 2 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインに設けられた可変の第 2 の周辺インピーダンス回路を有する

請求項 3 0 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 2】

前記第 1 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の中心インピーダンス制御部とを有し、

40

前記第 1 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量を測定する第 1 の周辺高周波電流測定部と、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 2 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 1 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 の周辺インピーダンス制御部とを有し、

前記第 2 の中心インピーダンス調整部が、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 2 の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 の中心インピーダンス制御部とを有し、

50

前記第 2 の周辺インピーダンス調整部が、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量を測定する第 2 の周辺高周波電流測定部と、前記周辺伝送ラインを流れる前記第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように前記第 2 の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 2 の周辺インピーダンス制御部とを有する

請求項 3 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 3】

前記第 1 の電極上に被処理基板を載置する、請求項 1 ~ 3 2 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3 4】

静電吸着力により前記基板を前記第 1 の電極上に保持するために、前記中心導体および前記周辺導体の少なくとも一方に直流電圧を印加する直流電圧印加部を有する請求項 3 3 に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 3 5】

前記第 1 の電極の温度を制御するために、前記中心導体および前記周辺導体の少なくとも一方を抵抗発熱体で構成し、前記抵抗発熱体に電力を供給するためのヒータ電源を有する請求項 1 ~ 3 3 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被処理基板にプラズマ処理を施す技術に係り、特に電極に高周波を印加してプラズマを生成する容量結合型のプラズマ処理装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや FPD (Flat Panel Display) の製造プロセスにおけるエッチング、堆積、酸化、スパッタリング等の処理では、処理ガスに比較的低温で良好な反応を行わせるためにプラズマがよく利用されている。従来より、枚葉式のプラズマ処理装置、特にプラズマエッチング装置の中では、大口径プラズマを容易に実現できる容量結合型のプラズマ処理装置が主流となっている。

【0003】

一般に、容量結合型プラズマ処理装置は、真空チャンバとして構成される処理容器内に上部電極と下部電極とを平行に配置し、下部電極の上に被処理基板（半導体ウエハ、ガラス基板等）を載置し、両電極のいずれか一方に高周波電圧を印加する。この高周波電圧によって両電極間に形成される電界により電子が加速され、電子と処理ガスとの衝突電離によってプラズマが発生し、プラズマ中のラジカルやイオンによって基板表面に所望の微細加工たとえばエッチング加工が施される。ここで、高周波を印加される側の電極は整合器内のブロッキングキャパシタを介して高周波電源に接続されるため、カソード（陰極）として働く。基板を支持する下部電極に高周波を印加してこれをカソードとするカソードカップル方式は、下部電極に生じる自己バイアス電圧を利用してプラズマ中のイオンを基板にほぼ垂直に引き込むことにより、異方性エッチングを可能としている。

30

【特許文献 1】特開 2001 - 313286

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

枚葉式プラズマプロセスの歩留まりを上げるには、基板中心部と基板周辺（エッジ）部との間でプロセス特性のばらつきを極力小さくする必要がある。ところが、容量結合型プラズマ処理装置においては、基板およびプラズマの大口径化に伴って、プラズマ密度分布が半径方向で不均一になりやすく、通常はプラズマ密度が基板中心部で相対的に高く基板周辺部で相対的に低くなりやすい。このようなプラズマ密度の不均一性はプロセス特性のばらつきの原因となり、ひいては製造歩留まりの低下につながる。このため、プラズマ密度分布を均一化する技術あるいは任意に制御できる技術が求められている。

50

【 0 0 0 5 】

従来より、プラズマ密度分布を制御する技法として、電極半径方向で電極間隔、磁場強度分布あるいは電極インピーダンス等に大小または強弱の変化をつける方法が知られている。しかしながら、これらの従来方式は、特別仕立ての機構（電極構造、磁界印加装置等）を必要とする不利点があり、また制御の自由度が小さいのも課題になっている。

【 0 0 0 6 】

本発明は、かかる従来技術の問題点を解決するものであり、電極構造の特別な改変や磁界装置等の大掛かりな外部装置の付加を必要とせずに、プラズマ密度分布制御の自由度を改善するプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記の目的を達成するために、本発明の第 1 の観点におけるプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器と、前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第 1 の電極と、前記処理容器内で前記第 1 の電極と向かい合って配置される第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記第 1 の電極に第 1 の高周波を印加する第 1 の高周波電源と、前記第 1 の電極の主面に絶縁体を介して埋め込まれ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、前記第 1 の高周波電源より前記第 1 の電極に印加される前記第 1 の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすための第 1 の高周波漏洩部とを具備し、前記第 1 の高周波漏洩部が、前記中心導体もしくは前記周辺導体からグラウンド電位に通じる第 1 の伝送ラインと、前記第 1 の伝送ライン上で前記第 1 の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第 1 のインピーダンス調整部とを有する。

【 0 0 0 8 】

上記第 1 の観点のプラズマ処理装置においては、第 1 の高周波電源より第 1 の電極に印加された第 1 の高周波の一部を第 1 の高周波漏洩部が処理空間に放射させずに中心導体または周辺導体のいずれか一方を介してグラウンド側に漏らす。ここで、第 1 の高周波漏洩部は、中心導体もしくは周辺導体からグラウンド電位に通じる第 1 の伝送ラインに設けられる第 1 のインピーダンス調整部を通じて、グラウンド側へ流れる高周波漏れ電流の電流量を調整することができる。これにより、第 1 の電極より処理空間に放射する高周波電流、ひいては第 1 の電極上のプラズマ密度を、高周波が漏れる導体（中心導体または周辺導体のいずれか一方）の位置する領域で局所的または相対的に減少させることができる。そして、高周波漏れ電流の電流量を多くするほど、その高周波が漏れる導体の領域より処理空間に放射される高周波電流の減少量を大きくすることができる。こうして、第 1 の電極の主面上で中心導体または周辺導体のいずれか一方を介して高周波電流を局所的に所望量漏出させることにより、第 1 の電極の主面から処理空間に放射される高周波電流分布を制御し、ひいてはプラズマ密度分布特性を任意に制御することができる。

【 0 0 0 9 】

本発明の好適な一態様によれば、第 1 のインピーダンス調整部は、中心導体もしくは周辺導体からグラウンド電位に通じる第 1 の伝送ラインに設けられた可変の第 1 のインピーダンス回路を有するのが好ましい。この第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変に制御することにより高周波漏れ電流の電流量を任意に可変することができる。この場合、さらに好適な一態様として、第 1 のインピーダンス調整部が、第 1 の伝送ラインを流れる第 1 の高周波の電流量を測定する第 1 の高周波電流測定部と、第 1 の伝送ラインを流れる第 1 の高周波の電流量が所望の値になるように第 1 のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第 1 のインピーダンス制御部とを有する。かかる構成においては、高周波漏れ電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

【 0 0 1 0 】

上記第 1 の観点のプラズマ処理装置において、本発明は、同一の高周波電極に周波数の異なる 2 つの高周波を重ねさせて印加する 2 周波重畳印加方式にも適用可能である。すな

10

20

30

40

50

わち、本発明の好適な一態様として、第1の電極に第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を印加する第2の高周波電源と、この第2の高周波電源より第1の電極に印加される第2の高周波を中心導体または周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすための第2の高周波電流漏洩部とが備えられる。この場合、第1の高周波が処理空間で処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、第1の高周波漏洩部が第1の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために第1の高周波を漏らしてよい。また、第2の高周波が第1の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、第2の高周波漏洩部が第1の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために第2の高周波を漏らしてよい。

【0011】

上記のような2周波重畳印加方式において、好ましくは、第2の高周波漏洩部は、中心導体もしくは周辺導体からグラウンド電位に通じる第2の伝送ラインと、この第2の伝送ライン上で第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2のインピーダンス調整部とを有する。この場合、好ましくは、第1のインピーダンス調整部が第1の伝送ラインに設けられた可変の第1のインピーダンス回路を有し、第2のインピーダンス調整部が第2の伝送ラインに設けられた可変の第2のインピーダンス回路を有する。

【0012】

また、さらに好ましくは、第1のインピーダンス調整部が、第1の伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の高周波電流測定部と、第1の伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1のインピーダンス制御部とを有し、第2のインピーダンス調整部が、第2の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第2の高周波電流測定部と、第2の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第2のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第2のインピーダンス制御部とを有する。かかる構成においては、第1および第2の高周波漏洩部におけるそれぞれの高周波漏れ電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

【0013】

本発明の第2の観点におけるプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器と、前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第1の電極と、前記処理容器内で前記第1の電極と向かい合って配置される第2の電極と、前記第1の電極と前記第2の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記第1の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波電源と、前記第1の電極の主面に絶縁体を介して埋め込まれ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、前記第1の高周波電源より前記第1の電極に印加される前記第1の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ漏らすための第1の高周波漏洩部とを具備し、前記第1の高周波漏洩部が、前記中心導体からグラウンド電位に通じる中心伝送ラインと、前記中心伝送ライン上で前記第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1の中心インピーダンス調整部と、前記周辺導体からグラウンド電位に通じる周辺伝送ラインと、前記周辺伝送ライン上で前記第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1の周辺インピーダンス調整部とを有する。

【0014】

上記第2の観点のプラズマ処理装置においては、第1の高周波電源より第1の電極に印加された第1の高周波の一部を第1の高周波漏洩部が処理空間に放射させずに中心導体および周辺導体の双方を介してグラウンド側へ漏らす。ここで、第1の高周波漏洩部は、中心導体および周辺導体からそれぞれグラウンド電位に通じる中心伝送ラインおよび周辺伝送ラインに設けられる第1の中心インピーダンス調整部および第1の周辺インピーダンス調整部を通じて、両ラインを通じてグラウンド側へ流れる高周波漏れ電流の電流量をそれぞれ独立に調整することができる。これにより、中心導体の位置する領域と周辺導体の位置する領域との間で、第1の電極より処理空間に放射する高周波電流の比またはバランスを調整することができる。こうして、第1の電極の主面上で中心導体および周辺導体を介して高

10

20

30

40

50

周波電流を局所的にそれぞれ所望量漏出させることにより、第1の電極の主面から処理空間に放射される高周波電流分布を制御し、ひいてはプラズマ密度分布特性を任意に制御することができる。

【0015】

本発明の好適な一態様によれば、第1の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインに設けられた可変の第1の中心インピーダンス回路を有し、第1の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインに設けられた可変の第1の周辺インピーダンス回路を有するのが好ましい。これら第1の中心および周辺インピーダンス回路のインピーダンスをそれぞれ可変制御することにより、中心導体および周辺導体における高周波漏れ電流の電流量をそれぞれ任意に可変することができる。この場合、さらに好適な一態様として、第1の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の中心高周波電流測定部と、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の中心インピーダンス制御部とを有し、第1の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の周辺インピーダンス制御部とを有する。かかる構成においては、中心導体および周辺導体におけるそれぞれの高周波漏れ電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

【0016】

上記第2の観点のプラズマ処理装置において、本発明は、同一の高周波電極に周波数の異なる2つの高周波を重畳させて印加する2周波重畳印加方式にも適用可能である。すなわち、本発明の好適な一態様として、第1の電極に第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を印加する第2の高周波電源と、この第2の高周波電源より第1の電極に印加される第2の高周波を中心導体および周辺導体を介して所望の電流量だけ漏らすための第2の高周波電流漏洩部とが備えられる。この場合、第1の高周波が処理空間で処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、第1の高周波漏洩部が第1の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために第1の高周波を漏らしてよい。また、第2の高周波が第1の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、第2の高周波漏洩部が第1の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために第2の高周波を漏らしてよい。

【0017】

上記のような2周波重畳印加方式において、好ましくは、第1の高周波漏洩部が、中心導体に接続された中心伝送ライン上で第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1の中心インピーダンス調整部と、周辺導体に接続された周辺伝送ライン上で第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1の周辺インピーダンス調整部とを有し、第2の高周波漏洩部が、中心伝送ライン上で第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2の中心インピーダンス調整部と、周辺伝送ライン上で第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2の周辺インピーダンス調整部とを有する。

【0018】

また、好ましい一態様によれば、第1の中心インピーダンス調整部が中心伝送ラインに設けられた可変の第1の中心インピーダンス回路を有し、第1の周辺インピーダンス調整部が周辺伝送ラインに設けられた可変の第1の周辺インピーダンス回路を有し、第2の中心インピーダンス調整部が中心伝送ラインに設けられた可変の第2の中心インピーダンス回路を有し、第2の周辺インピーダンス調整部が周辺伝送ラインに設けられた可変の第2の周辺インピーダンス回路を有してよい。この場合、さらに好ましくは、第1の中心インピーダンス調整部は、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の中心高周波電流測定部と、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の中心インピ

ーダンス制御部とを有する。第1の周辺インピーダンス調整部は、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の周辺インピーダンス制御部とを有する。第2の中心インピーダンス調整部は、中心伝送ラインを流れる前記第2の高周波の電流量を測定する第2の中心高周波電流測定部と、前記中心伝送ラインを流れる前記第2の高周波の電流量が所望の値になるように前記第2の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第2の中心インピーダンス制御部とを有する。そして、第2の周辺インピーダンス調整部は、周辺伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第2の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第2の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第2の周辺インピーダンス制御部とを有する。

10

【0019】

本発明の第3の観点におけるプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器と、前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第1の電極と、前記処理容器内で前記第1の電極と向かい合って配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第2の電極と、前記第1の電極と前記第2の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記第1の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波電源と、前記第2の電極に前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を印加する第2の高周波電源と、前記第1の電極の主面に絶縁体を介して設けられ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、前記第2の高周波電源より前記第2の電極に印加される前記第2の高周波を前記中心導体または前記周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ引き込むための高周波引き込み部とを具備し、前記高周波引き込み部が、前記中心導体もしくは前記周辺導体からグラウンド電位に通じる第1の伝送ラインと、前記第1の伝送ライン上で前記第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1のインピーダンス調整部とを有する。

20

【0020】

上記第3の観点のプラズマ処理装置においては、第2の電極より処理空間に放射された第2の高周波の電子電流を第1の電極側で高周波引き込み部が中心導体または周辺導体のいずれか一方を介してグラウンド側に引き込む。ここで、高周波引き込み部は、中心導体もしくは周辺導体からグラウンド電位に通じる第1の伝送ラインに設けられる第1のインピーダンス調整部を通じて、グラウンド側へ流れる高周波引き込み電流の電流量を調整することができる。これにより、第1の電極上の電子電流を当該引き込み領域で局所的または相対的に増大させることができる。そして、高周波引き込み電流の電流量を多くするほど、当該領域における高周波電子電流の増加量を大きくすることができる。こうして、第1の電極の主面上で中心導体もしくは周辺導体を介して高周波電流を局所的に所望量引き込むことにより、第2の電極の主面から処理空間に放射される高周波電流分布を制御し、ひいてはプラズマ密度分布特性を任意に制御することができる。

30

【0021】

本発明の好適な一態様によれば、第1のインピーダンス調整部は、第1の伝送ラインに設けられた可変の第1のインピーダンス回路と、第1の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第1の高周波電流測定部と、第1の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第1のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1のインピーダンス制御部とを有する。かかる構成においては、高周波引き込み電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

40

【0022】

上記第3の観点のプラズマ処理装置において、本発明は、同一の高周波電極に周波数の異なる2つの高周波を重畳させて印加する2周波重畳印加方式にも適用可能である。すなわち、本発明の好適な一態様として、第1の高周波電源より第1の電極に印加される第1の高周波を中心導体または周辺導体のいずれか一方を介して所望の電流量だけ漏らすため

50

の高周波漏洩部が備えられる。この場合、第2の高周波が処理空間で処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、高周波引き込み部が前記第1の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために第2の高周波を引き込むのが好ましい。そして、第1の高周波が第1の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、高周波漏洩部が第1の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために第1の高周波を漏らすのが好ましい。

【0023】

上記のような2周波重畳印加方式において、好ましくは、高周波漏洩部は、中心導体もしくは周辺導体からグラウンド電位に通じる第2の伝送ラインと、この第2の伝送ライン上で第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2のインピーダンス調整部とを有する。この場合、好ましくは、第1のインピーダンス調整部が第1の伝送ラインに設けられた可変の第1のインピーダンス回路を有し、第2のインピーダンス調整部が第2の伝送ラインに設けられた可変の第2のインピーダンス回路を有する。

【0024】

また、さらに好ましくは、第1のインピーダンス調整部が、第1の伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の高周波電流測定部と、第1の伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1のインピーダンス制御部とを有し、第2のインピーダンス調整部が、第2の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第2の高周波電流測定部と、第2の伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第2のインピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第2のインピーダンス制御部とを有する、かかる構成においては、高周波引き込み部および高周波漏れ部におけるそれぞれの高周波引き込み電流および高周波漏れ電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

【0025】

本発明の第4の観点におけるプラズマ処理装置は、真空排気可能な処理容器と、前記処理容器内に配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第1の電極と、前記処理容器内で前記第1の電極と向かい合って配置され、前記処理容器に絶縁物を介して取り付けられる第2の電極と、前記第1の電極と前記第2の電極との間の処理空間に所望の処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記第1の電極に第1の高周波を印加する第1の高周波電源と、前記第2の電極に前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を印加する第2の高周波電源と、前記第1の電極の主面に絶縁体を介して設けられ、互いに分離して電極中心部および電極周辺部にそれぞれ配置される中心導体および周辺導体と、前記第2の高周波電源より前記第2の電極に印加される前記第2の高周波を前記中心導体および前記周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ引き込むための高周波引き込み部とを具備し、前記高周波引き込み部が、前記中心導体からグラウンド電位に通じる中心伝送ラインと、前記中心伝送ライン上で前記第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第1の中心インピーダンス調整部と、前記周辺導体からグラウンド電位に通じる周辺伝送ラインと、前記周辺伝送ライン上で前記第2の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2の周辺インピーダンス調整部とを有する。

【0026】

上記第4の観点のプラズマ処理装置においては、第2の電極より処理空間に放射された第2の高周波の電子電流を第1の電極側で高周波引き込み部が中心導体および周辺導体の双方を介してグラウンド側に引き込む。ここで、第1の高周波漏洩部は、中心導体および周辺導体からそれぞれグラウンド電位に通じる中心伝送ラインおよび周辺伝送ラインに設けられる第1の中心インピーダンス調整部および第1の周辺インピーダンス調整部を通じて、両ラインを通じてグラウンド側へ流れる高周波引き込み電流の電流量をそれぞれ独立に調整することができる。これにより、中心導体の位置する領域と周辺導体の位置する領域との間で、第1の電極上の高周波電子電流の比またはバランスを調整することができる。こうして、第1の電極の主面上で中心導体および周辺導体を介して高周波電流を局所的にそれ

10

20

30

40

50

ぞれ所望量引き込むことにより、第2の電極の主面から処理空間に放射される高周波電流分布を制御し、ひいてはプラズマ密度分布特性を任意に制御することができる。

【0027】

本発明の好適な一態様によれば、第1の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインに設けられた可変の第1の中心インピーダンス回路を有し、第1の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインに設けられた可変の第1の周辺インピーダンス回路を有するのが好ましい。これら第1の中心および周辺インピーダンス回路のインピーダンスをそれぞれ可変制御することにより、中心導体および周辺導体における高周波引き込みの電流量をそれぞれ任意に可変することができる。この場合、さらに好適な一態様として、第1の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の中心高周波電流測定部と、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の中心インピーダンス制御部とを有し、第1の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第1の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第1の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の周辺インピーダンス制御部とを有する。かかる構成においては、中心導体および周辺導体におけるそれぞれの高周波引き込み電流の電流量をフィードバック制御で正確に所望の値に制御することができる。

10

【0028】

上記第4の観点のプラズマ処理装置において、本発明は、同一の高周波電極に周波数の異なる2つの高周波を重畳させて印加する2周波重畳印加方式にも適用可能である。すなわち、本発明の好適な一態様として、第1の高周波電源より第1の電極に印加される第1の高周波を中心導体または周辺導体の双方を介して所望の電流量だけ漏らすための高周波漏洩部が備えられる。この場合、第2の高周波が処理空間で処理ガスのプラズマを生成するのに適した周波数を有し、高周波引き込み部が前記第1の電極の半径方向におけるプラズマ密度分布特性を制御するために第2の高周波を引き込むのが好ましい。そして、第1の高周波が第1の電極に生成される自己バイアス電圧を制御するために適した周波数を有し、高周波漏洩部が第1の電極側の半径方向における自己バイアス電圧特性を制御するために第1の高周波を漏らすのが好ましい。

20

上記のような2周波重畳印加方式において、好ましくは、高周波漏洩部が、中心導体に接続された中心伝送ライン上で第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2の中心インピーダンス調整部と、周辺導体に接続された周辺伝送ライン上で第1の高周波に対して所望のインピーダンスを与える第2の周辺インピーダンス調整部とを有する。

30

この場合、さらに好ましくは、第1の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインに設けられた可変の第1の中心インピーダンス回路を有し、第1の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインに設けられた可変の第1の周辺インピーダンス回路を有し、第2の中心インピーダンス調整部が、中心伝送ラインに設けられた可変の第2の中心インピーダンス回路を有し、第2の周辺インピーダンス調整部が、周辺伝送ラインに設けられた可変の第2の周辺インピーダンス回路を有する。

そして、さらに好ましくは、第1の中心インピーダンス調整部は、中心伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第1の中心高周波電流測定部と、中心伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第1の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の中心インピーダンス制御部とを有する。第1の周辺インピーダンス調整部は、周辺伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量を測定する第1の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第2の高周波の電流量が所望の値になるように第1の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第1の周辺インピーダンス制御部とを有する。第2の中心インピーダンス調整部は、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量を測定する第2の中心高周波電流測定部と、中心伝送ラインを流れる第1の高周波の電流量が所望の値になるように第2の中心インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第2の中心インピーダンス制御部とを有する。そして、第2

40

50

の周辺インピーダンス調整部は、周辺伝送ラインを流れる第１の高周波の電流量を測定する第２の周辺高周波電流測定部と、周辺伝送ラインを流れる第１の高周波の電流量が所望の値になるように第２の周辺インピーダンス回路のインピーダンスを可変制御する第２の周辺インピーダンス制御部とを有する。

【００２９】

また、本発明のプラズマ処理装置において、好ましくは、第１の電極上に被処理基板を載置してよい。この場合、静電吸着力により基板を第１の電極上に保持するために、中心導体および周辺導体の少なくとも一方に直流電圧を印加する直流電圧印加部を備えてよい。好ましくは、中心導体に第１の直流電圧を印加する第１の直流電圧印加部と、周辺導体に第２の直流電圧を印加する第２の直流電圧印加部とを備えてよい。

10

また、好適な一態様として、第１の電極の温度を制御するために、中心導体および周辺導体の少なくとも一方を抵抗発熱体で構成し、抵抗発熱体に電力を供給するためのヒータ電源を備えることもできる。好ましくは、中心導体および周辺導体をそれぞれ第１および第２の抵抗発熱体で構成し、第１の抵抗発熱体に電力を供給するための第１のヒータ電源と、第２の抵抗発熱体に電力を供給するための第２のヒータ電源とを備えてよい。

【発明の効果】

【００３０】

本発明のプラズマ処理装置によれば、上記のような構成および作用を有することにより、電極構造の特別な改変や磁界装置等の大掛かりな外部装置の付加を必要とせずに、プラズマ密度分布制御の自由度を改善することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【００３１】

以下、添付図を参照して本発明の好適な実施の形態を説明する。

【００３２】

図１に、本発明の第１の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、カソードカップルの容量結合型プラズマエッチング装置として構成されており、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製の円筒型チャンバ（処理容器）１０を有している。チャンバ１０は保安接地されている。

【００３３】

チャンバ１０内には、被処理基板としてたとえば半導体ウエハＷを載置する円板状のサセプタ１２が下部電極として水平に配置されている。このサセプタ１２は、たとえばアルミニウムからなり、チャンバ１０の底から垂直上方に延びるたとえばセラミック製の絶縁性筒状支持部１４により非接地で支持されている。この筒状支持部１４の外周に沿ってチャンバ１０の底から垂直上方に延びる導電性の筒状支持部１６とチャンバ１０の内壁との間に環状の排気路１８が形成され、この排気路１８の底に排気口２０が設けられている。この排気口２０には排気管２２を介して排気装置２４が接続されている。排気装置２４は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ１０内の処理空間を所望の真空度まで減圧することができる。チャンバ１０の側壁には、半導体ウエハＷの搬入出口を開閉するゲートバルブ２６が取り付けられている。

30

【００３４】

サセプタ１２には、高周波電源２８がＲＦケーブル３０、マッチングユニット３２および下部給電棒３４を介して電氣的に接続されている。高周波電源２８は、チャンバ１０内でプラズマ処理を行う際に所定の周波数たとえば４０ＭＨｚの高周波を所定のパワーで出力する。ＲＦケーブル３０は、たとえば同軸ケーブルからなる。マッチングユニット３２には、高周波電源２８側のインピーダンスと負荷（主に電極、プラズマ）側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合回路が収容されるとともに、オートマッチング用のＲＦセンサ、コントローラ、ステッピングモータ等も備わっている。

40

【００３５】

サセプタ１２は半導体ウエハＷよりも一回り大きな直径または口径を有している。サセプタ１２の主面つまり上面は、ウエハＷと略同形状（円形）かつ略同サイズの中心領域つ

50

まりウエハ載置部と、このウエハ載置部の外側に延在する環状の周辺部とに半径方向で２分割されており、ウエハ載置部の上には処理対象の半導体ウエハWが載置され、環状周辺部の上に半導体ウエハWの口径よりも僅かに大きな内径を有するフォーカスリング３６が取り付けられる。このフォーカスリング３６は、半導体ウエハWの被エッチング材に応じて、たとえばSi、SiC、C、SiO₂の中のいずれかの材質で構成されている。

【００３６】

サセプタ１２上面のウエハ載置部には、円板状の静電チャック３８が設けられている。この静電チャック３８は、サセプタ１２の上面に一体形成または一体固着された膜状または板状の誘電体４０の中に半径方向で分割された２つの導体つまり中心導体４２および周辺導体４４を封入または埋設している。中心導体４２は、半導体ウエハWよりも小さな口径（直径）を有する円形の板状導体またはメッシュ状導体からなり、サセプタ１２と同軸または同心に配置される。一方、周辺導体４４は、中心導体４２の外径よりも幾らか大きな内径を有するリング形の板状導体またはメッシュ状導体からなり、やはりサセプタ１２と同軸または同心に配置される。なお、周辺導体４４の外径は半導体ウエハWの外径より小さくても大きくてもよいが、適当に近いのが好ましい。

【００３７】

この実施形態における中心導体４２および周辺導体４４は、後述するようにサセプタ１２から高周波電流を流出または漏洩させる機能を有しているので、許容電流の大きな材質・形状が好ましく、たとえば太径の銅線または肉厚の銅板で構成されてよい。

【００３８】

中心導体４２には、チャンバ１０の外に配置される外付けのＤＣ（直流）電源４６がインピーダンス回路４８および直流・高周波兼用の伝送線５０を介して電氣的に接続されている。ここで、伝送線５０およびインピーダンス回路４８は中心伝送ライン４５Ｃを構成している。伝送線５０の途中にはこの伝送ラインを流れる高周波漏れ電流 $M I_C$ を測定するための電流センサ５２が取り付けられている。ＤＣ電源４６よりＤＣ電圧が中心導体４２に印加されると、中心導体４２の直上で半導体ウエハWと静電チャック３８との間に静電気が発生し、クーロン力によって静電チャック３８に半導体ウエハWが吸着保持されるようになっている。

【００３９】

一方、周辺導体４４には、別の外付けＤＣ電源５４がインピーダンス回路５６および直流・高周波兼用の伝送線５８を介して電氣的に接続されている。ここで、伝送線５８およびインピーダンス回路５６は周辺伝送ライン４５Ｅを構成している。伝送線５８の途中にはこの伝送ラインを流れる高周波漏れ電流 $M I_E$ を測定するための電流センサ６０が取り付けられている。ＤＣ電源５４より所定のＤＣ電圧が周辺導体４４に印加されると、周辺導体４４の直上で静電チャック３８が半導体ウエハWを吸着保持するためのクーロン力が発生するようになっている。なお、両伝送線５０、５８は、それぞれ中心導体４２、周辺導体４４からの高周波漏れ電流 $M I_C$ 、 $M I_E$ を流す機能を有しているので、許容電流の大きな太径の被覆電線で構成されてよい。

【００４０】

通常は、中心導体４２および周辺導体４４に互いに逆極性のＤＣ電圧が印加される。したがって、たとえば、中心導体４２には正のＤＣ電圧を印加し、周辺導体４４には負のＤＣ電圧を印加するように、両ＤＣ電源４６、５４の極性を選定してよい。

【００４１】

インピーダンス回路４８、５６は、制御部６２の制御の下で高周波に対するインピーダンスを可変できる可変インピーダンス回路からなり、制御部６２および電流センサ５２、６０と協働して中心および周辺インピーダンス調整部６４、６６をそれぞれ構成している。両インピーダンス調整部６４、６６の構成および作用については後に詳細に説明する。

【００４２】

サセプタ１２の内部には、たとえば円周方向に延びる環状の冷媒通路６８が設けられている。この冷媒通路６８には、外付けのチラーユニット（図示せず）より配管を介して供

10

20

30

40

50

給される所定温度の冷媒が流れるようになっている。冷媒の温度によって静電チャック 38 上の半導体ウエハ W の温度を制御できる。さらに、ウエハ温度の精度を一層高めるために、伝熱ガス供給部（図示せず）からの伝熱ガスたとえば He ガスが、ガス供給管およびサセプタ 12 内部のガス通路 70 を介して静電チャック 38 と半導体ウエハ W との間に供給される。

【0043】

チャンバ 10 の天井には、サセプタ 12 と平行に向かい合って上部電極を兼ねるシャワーヘッド 72 がチャンバ 10 に直付け（アノード接地）で設けられている。このシャワーヘッド 72 は、サセプタ 12 と向かい合う電極板 74 と、この電極板 74 をその背後（上）から着脱可能に支持する電極支持体 76 とを有し、電極支持体 76 の内部にガス室 78 を設け、このガス室 78 からサセプタ 12 側に貫通する多数のガス吐出孔 80 を電極支持体 76 および電極板 74 に形成している。電極板 74 とサセプタ 12 との間のギャップがプラズマ生成空間ないし処理空間 S となる。ガス室 78 の上部に設けられるガス導入口 78a には、処理ガス供給部 82 からのガス供給管 84 が接続されている。電極板 74 はたとえば Si、SiC あるいは C からなり、電極支持体 76 はたとえばアルマイト処理されたアルミニウムからなる。

【0044】

制御部 62 は、たとえばマイクロコンピュータを有しており、上記のようにインピーダンス調整部 64、66 内の制御を行うだけでなく、高周波電源 28、排気装置 24、DC 電源 46、54、処理ガス供給部 82 等の装置内各部の制御および装置全体のシーケンス制御等を行う。

【0045】

このプラズマエッチング装置において、エッチングを行なうには、先ずゲートバルブ 26 を開状態にして加工対象の半導体ウエハ W をチャンバ 10 内に搬入して、静電チャック 38 の上に載置する。そして、処理ガス供給部 82 よりエッチングガス（一般に混合ガス）を所定の流量および流量比でチャンバ 10 内に導入し、排気装置 24 によりチャンバ 10 内の圧力を設定値にする。さらに、高周波電源 28 をオンにして高周波（40 MHz）を所定のパワーで出力させ、この高周波を RF ケーブル 30、マッチングユニット 32 および下部給電棒 34 を介してサセプタ（下部電極）12 に給電ないし印加する。また、両 DC 電源 46、54 をオンにし、静電吸着力によって、静電チャック 38 と半導体ウエハ W との間の接触界面に伝熱ガス（He ガス）を閉じ込める。そして、チラーユニットからサセプタ 12 内の冷媒通路 68 に一定温度に温調された冷却水を供給する。シャワーヘッド 72 より吐出されたエッチングガスは両電極 12、72 間で高周波の放電によってプラズマ化し、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって半導体ウエハ W の主面の膜がエッチングされる。

【0046】

このプラズマエッチング装置においては、高周波電源 28 からの高周波がサセプタ 12 に印加されることで、主にサセプタ 12 と上部電極 72 との間の高周波放電により、さらにはサセプタ 12 とチャンバ 10 の側壁との間の高周波放電により、処理空間 S 内で処理ガスのプラズマが生成する。生成したプラズマは四方に、特にチャンバ半径方向外側に拡散し、プラズマ中の電子電流は上部電極 72 やチャンバ 10 の側壁等を通してグランドへ流れる。

【0047】

このプラズマエッチング装置がインピーダンス調整部 64、66 を備えていないと仮定した場合、サセプタ 16 においては高周波の周波数が高いほど表皮効果によってサセプタ中心部に RF 電流が集まりやすく、しかもサセプタ 16 からみて同電位（グランド電位）にある上部電極 72 とチャンバ 10 側壁とでは前者の方が後者よりも距離的に近いため、サセプタ中心部でより多くの RF 電子電流が処理空間 S に向けて放出される。その結果、サセプタ 12 上方の処理空間 S におけるプラズマ密度は、図 3 の点線 PR' のようにサセプタ中心付近で最大になる略点对称の山形分布となるだけでなく、中心部（0 位置）と周

10

20

30

40

50

辺部（R位置，-R位置）との差が顕著に現れる。プラズマ密度分布はエッチングレートのウエハ面内分布を直接左右するので、エッチングレートのウエハ面内分布も同様に中心部の高い山形分布になる。

【0048】

この実施形態では、サセプタ12主面の中心部および周辺部より処理空間Sに向けてそれぞれ放射されるRF電子電流 $RF I_C$ 、 $RF I_E$ の割合または比を中心および周辺インピーダンス調整部64、66により任意に可変調整することが可能であり、これによりプラズマ密度分布特性を自由自在に制御できるようになっている。したがって、たとえば図3の点線PR'で示すような中心部の高い山形のプラズマ密度分布特性を実線PRのように略均一またはフラットなプラズマ密度分布特性に矯正し、エッチングレート面内分布の均一化を容易に実現できるようになっている。

10

【0049】

図2に、中心および周辺インピーダンス調整部64、66の構成例を示す。中心インピーダンス調整部64のインピーダンス回路48は、少なくとも1つの可変リアクタンス素子を含むLC回路からなり、図示の例では可変コンデンサ90Cとコイル92Cとを並列に接続し、このLC並列回路（90C、92C）と固定コンデンサ94Cとを直列に接続し、固定コンデンサ94Cの他方の端子をグラウンド電位に接続している。そして、LC並列回路（90C、92C）と固定コンデンサ94C間の接続点 N_C にローパス・フィルタ（LPF）96Cを介してDC電源46の出力端子を接続している。制御部62は、ステップモータ98Cを通じて可変コンデンサ90Cのインピーダンス・ポジションを可変制

20

【0050】

DC電源46より出力されるDC電圧は、LPF96C、コイル92Cをスルーで通り抜け、伝送線50を伝って静電チャック38の中心導体42に印加されるようになっている。一方、高周波電源28より給電棒34を通してサセプタ12に印加される高周波の一部は、静電チャック38の中心導体42から伝送線50に入り込み、インピーダンス回路48のインピーダンスに逆比例する大きさの電流量で伝送線50をRF電流つまり中心RF漏れ電流 MI_C が流れる。もっとも、この中心RF漏れ電流 MI_C は、LC並列回路（90C、92C）から固定コンデンサ94Cを通してグラウンドに流れ、DC電源46へは流れない。DC電源46の手前でLPF96Cが中心RF漏れ電流 MI_C をほぼ完全に遮断する。電流センサ52は、伝送線50を流れる中心RF漏れ電流 MI_C の電流値または電流量を測定し、そのRF漏れ電流測定値を制御部62に与える。制御部62は、電流センサ52で得られるRF漏れ電流量測定値が設定値に一致するように可変コンデンサ90Cのインピーダンス・ポジションを可変制御することができる。

30

【0051】

周辺インピーダンス調整部66のインピーダンス回路56は、上記インピーダンス回路48と同じ回路構成を有してよい。すなわち、可変コンデンサ90Eとコイル92Eとを並列に接続し、このLC並列回路（90E、92E）と固定コンデンサ94Eとを直列に接続し、固定コンデンサ94Eの他方の端子をグラウンド電位に接続している。そして、LC並列回路（90E、92E）と固定コンデンサ94E間の接続点 N_E にLPF96Eを介してDC電源54の出力端子を接続している。

40

【0052】

DC電源54より出力されるDC電圧は、LPF96E、コイル92Eをスルーで通り抜け、伝送線58を伝って静電チャック38の周辺導体44に印加されるようになっている。一方、高周波電源28より給電棒34を通してサセプタ12に印加される高周波の一部は、静電チャック38の周辺導体44から伝送線58に入り込み、インピーダンス回路56のインピーダンスに逆比例する大きさの電流量で伝送ライン58をRF電流つまり周辺RF漏れ電流 MI_E が流れる。この周辺RF漏れ電流 MI_E も、LC並列回路（90E、92E）から固定コンデンサ94Eを通してグラウンドに流れ、DC電源54へは流れない。DC電源54の手前でLPF96EがRF漏れ電流 MI_E をほぼ完全に遮断する。電流

50

センサ 60 は、伝送ライン 58 を流れる周辺 RF 漏れ電流 $M I_E$ の電流値または電流量を測定し、その RF 漏れ電流測定値を制御部 62 に与える。制御部 62 は、電流センサ 60 で得られる RF 漏れ電流量測定値が設定値に一致するようにステップモータ 98 E を通じて可変コンデンサ 90 E のインピーダンス・ポジションを可変制御することができる。

【0053】

図 3 につき、中心および周辺インピーダンス調整部 64, 66 の作用を説明する。高周波電源 28 から的高周波が給電棒 34 を通ってサセプタ 12 に印加されると、表皮効果により表面伝いにサセプタ 12 の裏面から側面を経由しておもて面（主面）に RF 電流が回り込み、サセプタ主面の各部から上部電極 72 あるいはチャンバ 10 側壁に向かって処理空間 S に RF 電流 $R F I$ が放射される。

10

【0054】

一方、サセプタ 12 の主面からみて、静電チャック 38 の中心導体 42 からグラウンド電位に通じる中心伝送ライン 45 C および周辺導体 44 からグラウンド電位に通じる周辺伝送ライン 45 E は、処理空間 S を介さない第 3 の RF 電流パスをそれぞれ形成している。このため、サセプタ 12 の主面から RF 電流の一部つまり中心および周辺 RF 漏れ電流 $M I_C$, $M I_E$ が処理空間 S に放射されずに両伝送ライン 45 C, 45 E にそれぞれ流れ込む。これら中心および周辺 RF 漏れ電流 $M I_C$, $M I_E$ の電流量は、中心および周辺インピーダンス調整部 64, 66 におけるインピーダンス回路 48, 56 のインピーダンスにそれぞれ依存する。

【0055】

20

ここで、サセプタ 12 の主面上で、中心導体 42 の領域から処理空間 S に放射される中心 RF 電子電流 $R F I_C$ と中心導体 42 から中心伝送ライン 45 C へ流出する中心 RF 漏れ電流 $M I_C$ とが互いに対抗する関係にあり、周辺導体 44 の領域から処理空間 S に放射される周辺 RF 電子電流 $R F I_E$ と周辺導体 44 から周辺伝送ライン 45 E へ流出する周辺 RF 漏れ電流 $M I_E$ とが互いに対抗する関係にある。したがって、中心 RF 漏れ電流 $M I_C$ が増大するほど、中心 RF 電子電流 $R F I_C$ が減少する。また、周辺 RF 漏れ電流 $M I_E$ が増大するほど、周辺 RF 電子電流 $R F I_E$ が減少する。

【0056】

制御部 62 は、上記のようにステップモータ 98 C, 98 E を通じて両インピーダンス回路 48, 56 のインピーダンスをそれぞれ独立に可変制御し、両 RF 漏れ電流 $M I_C$, $M I_E$ の電流量をそれぞれ独立に可変制御することにより、中心 RF 電子電流 $R F I_C$ と周辺 RF 電子電流 $R F I_E$ との比またはバランスを任意に可変制御することができる。したがって、たとえば図 3 の点線 P R' で示すような中心部の高い山形のプラズマ密度分布特性が得られるときは、周辺 RF 漏れ電流 $M I_E$ の電流量を少なめまたは殆ど零にして（周辺 RF 電子電流 $R F I_E$ を抑制しないで）、中心 RF 漏れ電流 $M I_C$ の電流量を多くする（中心 RF 電子電流 $R F I_C$ を抑制する）ことにより、中心部の電子電流密度（つまりプラズマ密度）を局所的に減少させる仕方で、図 3 の実線 P R のように略均一またはフラットなプラズマ密度分布特性に矯正することができる。

30

【0057】

図 4 に、本発明の第 2 の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、下部 2 周波重畳印加方式の容量結合型プラズマエッチング装置として構成されている。図中、上記した第 1 の実施形態における各部と実質的に同一の構成および機能を有する部分には同一の符号を附している。

40

【0058】

このプラズマエッチング装置は、プラズマ密度の制御に適した所定の周波数たとえば 60 MHz の第 1 高周波を出力する第 1 の高周波電源 100 と、サセプタ 12 に生成される自己バイアス電圧ひいては半導体ウエハ W に引き込まれるイオンのエネルギーの制御に適した所定の周波数たとえば 13.56 MHz の第 2 高周波を出力する第 2 の高周波電源 102 とを備える。

【0059】

50

第1の高周波電源100より出力される第1高周波 RF_1 は、RFケーブル104、マッチングユニット32および下部給電棒34を介してサセプタ12に印加される。第2の高周波電源102より出力される第2高周波 RF_2 は、RFケーブル106、マッチングユニット32および給電棒34を介してサセプタ12に印加される。マッチングユニット32には、第1高周波用の整合回路32(1)と第2高周波用の整合回路32(2)とが備えられる(図5)。

【0060】

図5につき、このプラズマエッチング装置における作用を説明する。第1および第2の高周波電源100、102より第1および第2高周波 RF_1 、 RF_2 が重畳してサセプタ12に印加され、サセプタ12の主面の各部から上部電極72あるいはチャンバ10側壁に向かって処理空間Sに第1および第2RF電子電流 RFI_1 、 RFI_2 が重畳して放射される。

10

【0061】

より詳細には、サセプタ主面上で、中心導体42の領域からは第1および第2中心RF電子電流 RFI_{1C} 、 RFI_{2C} が放射され、周辺導体44の領域からは第1および第2周辺RF電子電流 RFI_{1E} 、 RFI_{2E} が放射される。これらRF電子電流の放射つまり高周波放電により処理空間Sに処理ガスのプラズマPRが生成する。ここで、処理空間Sにおけるサセプタ半径方向のプラズマ密度分布特性は、主として第1中心RF電子電流 RFI_{1C} の電流量(電流密度分布)と第1周辺RF電子電流 RFI_{1E} の電流量(電流密度分布)のそれぞれの絶対値および両者間の大小関係(比)によって律速される。

20

【0062】

また、プラズマPRと直接対向するチャンバ内各部の表面、特にサセプタ12の主面(おもて面)、上部電極72のおもて面、チャンバ10の側壁等には、正イオンによる空間電荷層領域または直流電界領域つまりシースSHが形成される。ここで、サセプタ12の主面におけるサセプタ半径方向のシース幅特性は、主として第2中心RF電子電流 RFI_{2C} の電流量(電流密度分布)と第2周辺RF電子電流 RFI_{2E} の電流量(電流密度分布)のそれぞれの絶対値および両者間の大小関係(比)によって律速される。なお、サセプタ12の主面における各位置のシース幅は、当該位置における自己バイアス電圧に比例する。したがって、シース幅が大きいほど、当該位置で半導体ウエハWに引き込まれるイオンのエネルギーが大きいという関係がある。

30

【0063】

一方、上記第1の実施形態と同様に、サセプタ12の主面からみて、静電チャック38の中心導体42および周辺導体44からグラウンド電位に通じる中心および周辺伝送ライン45C、45Eは、処理空間Sを介さない第3のRF電流パスを形成している。このため、サセプタ12の主面からRF電流の一部が処理空間Sに放射されずに伝送ライン45C、45Eに流れ込む。

【0064】

より詳細には、第1および第2高周波 RF_1 、 RF_2 にそれぞれ対応する第1および第2中心RF漏れ電流 MI_{1C} 、 MI_{2C} が、中心導体42から中心伝送ライン45Cへ流れ込む。これら第1および第2中心RF漏れ電流 MI_{1C} 、 MI_{2C} の電流量は、中心インピーダンス調整部64の後述する第1および第2LC並列回路112C、114C(図6)のインピーダンスにそれぞれ依存する。

40

【0065】

また、第1および第2高周波 RF_1 、 RF_2 にそれぞれ対応する第1および第2周辺RF漏れ電流 MI_{1E} 、 MI_{2E} が、周辺導体44から周辺伝送ライン45Eへ流れ込む。これら第1および第2周辺RF漏れ電流 MI_{1E} 、 MI_{2E} の電流量は、周辺インピーダンス調整部66の第1および第2LC並列回路(図示せず)のインピーダンスにそれぞれ依存する。

【0066】

そして、サセプタ12の主面上で、中心導体42の領域から処理空間Sに放射される第1および第2中心RF電子電流 RFI_{1C} 、 RFI_{2C} と中心導体42から中心伝送ライン4

50

5 Cへ流出する第1および第2中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ 、 $M I_{2C}$ とがそれぞれ互いに対抗する関係にあり、周辺導体44の領域から処理空間Sに放射される第1および第2周辺RF電子電流 $R F I_{1E}$ 、 $R F I_{2E}$ と周辺導体44から周辺伝送ライン45Eへ流出する第1および第2周辺RF漏れ電流 $M I_{1E}$ 、 $M I_{2E}$ とがそれぞれ互いに対抗する関係にある。したがって、第1中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ が増大するほど、第1中心RF電子電流 $R F I_{1C}$ は減少する。また、第2中心RF漏れ電流 $M I_{2C}$ が増大するほど、第2中心RF電子電流 $R F I_{2C}$ は減少する。また、第1周辺RF漏れ電流 $M I_{1E}$ が増大するほど、第1周辺RF電子電流 $R F I_{1E}$ が減少する。また、第2周辺RF漏れ電流 $M I_{2E}$ が増大するほど、第2周辺RF電子電流 $R F I_{2E}$ が減少する。

【0067】

10

ここで、中心および周辺インピーダンス調整部64、66は、後述するように、第1中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ 、第2中心RF漏れ電流 $M I_{2C}$ 、第1周辺RF漏れ電流 $M I_{1E}$ 、第2周辺RF漏れ電流 $M I_{2E}$ の各々を独立に可変制御できるように構成されている。したがって、第1中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ および第1周辺RF漏れ電流 $M I_{1E}$ の電流量を可変制御することにより、第1中心RF電子電流 $R F I_{1C}$ と第1周辺RF電子電流 $R F I_{1E}$ との比またはバランスを任意に可変制御し、ひいてはサセプタ半径方向のプラズマ密度分布特性を任意のプロファイルに制御することができる。一方で、第2中心RF漏れ電流 $M I_{2C}$ および第2周辺RF漏れ電流 $M I_{2E}$ の電流量を可変制御することにより、第2中心RF電子電流 $R F I_{2C}$ と第2周辺RF電子電流 $R F I_{2E}$ との比またはバランスを任意に可変制御し、ひいてはサセプタ半径方向の自己バイアス電圧特性またはイオンエネルギー特性を任意のプロファイルに制御することができる。

20

【0068】

図6に、この第2の実施形態における中心および周辺インピーダンス調整部64、66の構成例を示す。

【0069】

中心インピーダンス調整部64のインピーダンス回路108は、それぞれ少なくとも1つの可変リアクタンス素子を含む第1および第2高周波用のLC回路112C、114Cを含んでいる。図示の例では、第1高周波用のLC回路112Cが可変コンデンサ116Cとコイル118Cとを並列に接続したLC並列回路として構成され、第2高周波用のLC回路114Cが可変コンデンサ120Cとコイル122Cとを並列に接続したLC並列回路として構成されている。DC電源46より出力されるDC電圧は、LPF96C、コイル122C、コイル118Cをスルーで通り抜け、伝送線50を伝って静電チャック38の中心導体42に印加される。制御部62は、ステップモータ124C、126Cを通じてそれぞれ可変コンデンサ116C、120Cのインピーダンス・ポジションを可変制御できるようになっている。

30

【0070】

第1高周波用のLC並列回路112Cは、第1中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ (60MHz)に対しては所望のインピーダンスを与え、第2中心RF漏れ電流 $M I_{2C}$ (13.56MHz)に対してはコイル118Cを介してこれを実質的にスルーで通すように、可変コンデンサ116Cのキャパシタンスおよびコイル118Cのインダクタンスを選定している。一方、第2高周波用の並列LC回路114Cは、第2中心RF漏れ電流 $M I_{2C}$ (13.56MHz)に対しては所望のインピーダンスを与え、第1中心RF漏れ電流 $M I_{1C}$ (60MHz)に対しては可変コンデンサ120Cを介してこれを実質的にスルーで通すように、可変コンデンサ120Cのキャパシタンスおよびコイル122Cのインダクタンスを選定している。

40

【0071】

周辺インピーダンス調整部66のインピーダンス回路110は、図示省略するが、上記した中心インピーダンス調整部64のインピーダンス回路108と同様の回路構成を有している。

【0072】

50

図 7 に、本発明の第 3 の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、上下部 2 周波印加方式の容量結合型プラズマエッチング装置として構成されている。図中、上記した第 1 および第 2 の実施形態における各部と実質的に同一の構成および機能を有する部分には同一の符号を附している。

【 0 0 7 3 】

このプラズマエッチング装置は、上部電極（シャワーヘッド）72 を環状の絶縁体 130 を介してチャンバ 10 の天井部に非接地で取り付け、この上部電極 72 にプラズマ生成用の第 1 高周波（たとえば 60 MHz）を印加する。より詳細には、第 1 の高周波電源 100 の出力端子を RF ケーブル 104、マッチングユニット 32A および上部給電棒 132 を介して上部電極 72 に電氣的に接続している。また、サセプタ 12 には、イオン引き込み用の第 2 高周波（たとえば 13.56 MHz）のみを印加する。より詳細には、第 2 の高周波電源 102 の出力端子を RF ケーブル 106、マッチングユニット 32B および下部給電棒 34 を介してサセプタ 12 に電氣的に接続している。

【 0 0 7 4 】

図 8 につき、このプラズマエッチング装置における作用を説明する。第 1 高周波電源 100 より第 1 高周波 RF₁ が上部電極 72 に印加され、上部電極 72 の主面の各部から下部電極（サセプタ）12 あるいはチャンバ 10 側壁に向かって処理空間 S に第 1 RF 電子電流 RF I₁ が放射される。一方、第 2 高周波電源 102 より第 2 高周波 RF₂ がサセプタ 12 に印加され、サセプタ 12 の主面の各部から上部電極 72 あるいはチャンバ 10 側壁に向かって処理空間 S に第 2 RF 電子電流 RF I₂ が放射される。

【 0 0 7 5 】

より詳細には、上部電極 72 においては、直下の中心導体 42 と対向する電極中心領域から第 1 中心 RF 電子電流 RF I_{1C} が放射され、直下の周辺導体 44 と対向する電極周辺領域から第 1 周辺 RF 電子電流 RF I_{1E} が放射される。一方、サセプタ 12 においては、中心導体 42 の領域から第 2 中心 RF 電子電流 RF I_{2C} が放射され、周辺導体 44 の領域から第 2 周辺 RF 電子電流 RF I_{2E} が放射される。これら RF 電子電流の放射つまり高周波放電により処理空間 S に処理ガスのプラズマ PR が生成する。ここで、処理空間 S におけるサセプタ半径方向のプラズマ密度分布特性は、主として第 1 中心 RF 電子電流 RF I_{1C} の電流量（電流密度分布）と第 1 周辺 RF 電子電流 RF I_{1E} の電流量（電流密度分布）のそれぞれの絶対値および両者間の大小関係（比）によって規定される。

【 0 0 7 6 】

また、プラズマ PR と直接対向するチャンバ内各部の表面、特にサセプタ 12 の主面（おもて面）、上部電極 72 のおもて面、チャンバ 10 の側壁等には、正イオンによる空間電荷層領域または直流電界領域つまりシース SH が形成される。ここで、サセプタ 12 の主面におけるサセプタ半径方向のシース幅特性は、主として第 2 中心 RF 電子電流 RF I_{2C} の電流量（電流密度分布）と第 2 周辺 RF 電子電流 RF I_{2E} の電流量（電流密度分布）のそれぞれの絶対値および両者間の大小関係（比）によって規定される。

【 0 0 7 7 】

一方、上記第 1、第 2 の実施形態と同様に、サセプタ 12 の主面からみて、静電チャック 38 の中心導体 42 および周辺導体 44 からグラウンド電位に通じる中心および周辺伝送ライン 45C、45E は、処理空間 S を介さない第 3 の RF 電流パスを形成している。このため、サセプタ 12 の主面から RF 電流の一部が処理空間 S に放射されずに伝送ライン 45C、45E に流れ込む。

【 0 0 7 8 】

より詳細には、第 1 高周波 RF₁ に対応する第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} および第 2 高周波 RF₂ に対応する第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} が、中心導体 42 から中心伝送ライン 45C へ流れ込む。これら第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} および第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} の電流量は、中心インピーダンス調整部 64 の第 1 および第 2 LC 並列回路 112C、114C（図 6）のインピーダンスにそれぞれ依存する。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

また、第 1 高周波 RF_1 に対応する第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} および第 2 高周波 RF_2 に対応する第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} が、周辺導体 44 から周辺伝送ライン 45 E へ流れ込む。これら第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} および第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} の電流量は、周辺インピーダンス調整部 66 の第 1 および第 2 LC 並列回路（図示せず）のインピーダンスにそれぞれ依存する。

【0080】

そして、上部電極 72 の中心領域から処理空間 S に放射される第 1 中心 RF 電子電流 RFI_{1C} の垂直下向きの成分と中心導体 42 から中心伝送ライン 45 C へ流入する第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} とが互いに強め合う関係にある。したがって、第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} が増大するほど、第 1 中心 RF 電子電流 RFI_{1C} の垂直下向き成分が増大する。また、上部電極 72 の周辺領域から処理空間 S に放射される第 1 周辺 RF 電子電流 RFI_{1E} の垂直下向きの成分と周辺導体 44 から周辺伝送ライン 45 E へ流入する第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} とが互いに増強し合う関係にある。したがって、第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} が増大するほど、第 1 周辺 RF 電子電流 RFI_{1E} の垂直下向き成分が増大する。

10

【0081】

一方、サセプタ 12 の主面において、中心導体 42 の領域から処理空間 S に放射される第 2 中心 RF 電子電流 RFI_{2C} と中心導体 42 から中心伝送ライン 45 C へ流出する第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} とは互いに対抗する関係にある。したがって、第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} が増大するほど、第 2 中心 RF 電子電流 RFI_{2C} が減少する。また、周辺導体 44 の領域から処理空間 S に放射される第 2 周辺 RF 電子電流 RFI_{2E} と周辺導体 44 から周辺伝送ライン 45 E へ流出する第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} とは互いに対抗する関係にある。したがって、第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} が増大するほど、第 2 周辺 RF 電子電流 RFI_{2E} が減少する。

20

【0082】

ここで、中心および周辺インピーダンス調整部 64, 66 は、第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} , 第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} 、第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} , 第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} の各々を独立に可変制御できるように構成されている。したがって、第 1 中心 RF 引き込み電流 KI_{1C} および第 1 周辺 RF 引き込み電流 KI_{1E} の電流量を可変制御することにより、第 1 中心 RF 電子電流 RFI_{1C} の垂直下向き成分と第 1 周辺 RF 電子電流 RFI_{1E} の垂直下向き成分との比またはバランスを任意に可変制御し、ひいてはサセプタ半径方向のプラズマ密度分布特性を任意のプロファイルに制御することができる。同時に、第 2 中心 RF 漏れ電流 MI_{2C} および第 2 周辺 RF 漏れ電流 MI_{2E} の電流量を可変制御することにより、第 2 中心 RF 電子電流 RFI_{2C} と第 2 周辺 RF 電子電流 RFI_{2E} との比またはバランスを任意に可変制御し、ひいてはサセプタ半径方向の自己バイアス電圧特性またはイオンエネルギー特性を任意のプロファイルに制御することができる。

30

【0083】

図 9 に、本発明の第 4 の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、サセプタ 12 上面のウエハ載置部に、ウエハ吸着用の静電チャック 38 およびウエハ加熱用の発熱体 140 を設けている。静電チャック 38 は、サセプタ 12 の上面に一体形成または一体固着された膜状または板状の誘電体 40 の中にたとえばメッシュ状の導電体 43 を封入しており、導電体 43 にはチャンバ 10 の外に配置される外付けの直流電源 142 がスイッチ 144、高抵抗値の抵抗 146 および DC 高圧線 148 を介して電氣的に接続されている。DC 電源 142 より印加される高圧の直流電圧により、クーロン力で半導体ウエハ W を静電チャック 38 上に吸着保持できるようになっている。

40

【0084】

発熱体 140 は、静電チャック 38 の導電体 43 と一緒に誘電体 40 の中に封入された例えばスパイラル状の抵抗発熱線からなり、たとえばサセプタ 12 の半径方向において内側の中心発熱線 150 と外側の周辺発熱線 152 とに 2 分割されている。このうち、中心発熱線 150 は、中心インピーダンス調整部 64 の中心伝送ライン 45 C を介してヒータ

50

電源 1 5 4 に電氣的に接続されている。また、周辺発熱線 1 5 2 は、周辺インピーダンス調整部 6 6 の周辺伝送ライン 4 5 E を介して別のヒータ電源 1 5 6 に電氣的に接続されている。

【 0 0 8 5 】

ヒータ電源 1 5 4 , 1 5 6 は、たとえば S S R (Solid State Relay) を用いて商用周波数のスイッチング (ON / OFF) 動作を行う交流出力型の電源であり、中心発熱体 1 5 0 および周辺発熱体 1 5 2 とそれぞれ閉ループの回路で接続されている。このため、中心伝送ライン 4 5 C は、往復路の電流パスを構成する一対の伝送路を有しており、それら一対の伝送路のそれぞれにインピーダンス回路 4 8 を設けている。同様に、周辺伝送ライン 4 5 E も、往復路の電流パスを構成する一対の伝送路を有しており、それら一対の伝送路のそれぞれにインピーダンス回路 5 6 を設けている。

10

【 0 0 8 6 】

この実施形態において、ヒータ電源 1 5 4 より出力される電流は、中心インピーダンス調整部 6 4 の中心伝送ライン 4 5 C を通って中心発熱線 1 5 0 に給電または供給され、中心発熱線 1 5 0 の各部でジュール熱を発生させる。一方、ヒータ電源 1 5 6 より出力される電流は、周辺インピーダンス調整部 6 6 の周辺伝送ライン 4 5 E を通って周辺発熱線 1 5 2 に給電または供給され、周辺発熱線 1 5 2 の各部でジュール熱を発生させる。これにより、サセプタ 1 2 にチラーの冷却とヒータの加熱を同時に与え、しかもヒータの加熱を半径方向の中心部とエッジ部とで独立に制御するので、高速の温度切換または昇降温が可能であるとともに、温度分布のプロファイルを任意または多様に制御することも可能である。

20

【 0 0 8 7 】

中心インピーダンス調整部 6 4 および周辺インピーダンス調整部 6 6 は、上記第 1 実施形態と同様の構成を有してよく、プラズマ密度分布制御に関して第 1 実施形態と同様の作用効果を奏する。すなわち、電氣的には、第 1 実施形態における中心導体 4 2 , 周辺導体 4 4 、 D C 電源 4 6 , 5 4 が中心発熱線 1 5 0 、周辺発熱線 1 5 2 、ヒータ電源 1 5 4 , 1 5 6 にそれぞれ置き換わるだけで、中心インピーダンス調整部 6 4 および周辺インピーダンス調整部 6 6 の作用は基本的に異なることはない。

【 0 0 8 8 】

上述した第 2 および第 3 の実施形態においても、上記のようなヒータ内蔵型のサセプタを採用し、上記と同様の変形または置換を行うことができる。

30

【 0 0 8 9 】

以上本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その技術思想の範囲内で種々の変形が可能である。

【 0 0 9 0 】

たとえば、上記した実施形態のインピーダンス回路 4 8 , 5 6 , 1 0 8 , 1 1 0 におけるインピーダンス可変の L C 並列回路をインピーダンス可変の L C 直列回路に置き換える構成も可能である。その場合、 L C 直列回路の前段で D C 電源 4 6 , 5 4 あるいはヒータ電源 1 5 4 , 1 5 6 を伝送ライン 4 5 C , 4 5 E に接続すればよい。あるいは、電流変化が度を越えて急にならないように抵抗を加える構成も可能である。また、上記した実施形態では、中心インピーダンス調整部 6 4 および周辺インピーダンス調整部 6 6 の伝送ライン 4 5 C , 4 5 E を D C 電源 4 6 , 5 4 あるいはヒータ電源 1 5 4 , 1 5 6 の給電線に兼用させたが、上記実施形態のインピーダンス調整を行うための専用線とすることも可能である。また、他の用途の給電線を上記実施形態の伝送ライン 4 5 C , 4 5 E に兼用させてもよい。 D C 電源 4 6 , 5 4 のいずれか一方をグランド電位に接続されたコイルに置き換えることも可能である。また、中心インピーダンス調整部 6 4 および周辺インピーダンス調整部 6 6 の両方ではなく、いずれか一方のみを備える装置構成も可能である。

40

【 0 0 9 1 】

静電チャック 3 8 において、たとえば、ウエハ吸着保持用の導体をサセプタ半径方向で中心導体、中間導体、周辺導体に 3 分割する構成も可能であり、その場合はそれら中心導

50

体，中間導体、周辺導体に中心インピーダンス調整部、中間インピーダンス調整部、周辺インピーダンス調整部をそれぞれ接続すればよい。同様に、加熱用の導体についても３分割構成とすることができる。また、上部電極に静電チャック構造あるいは加熱用の導体を設ける構成にも本発明を適用することができる。

【 0 0 9 2 】

また、本発明は、プラズマエッチング装置に限定されず、プラズマＣＶＤ、プラズマ酸化、プラズマ窒化、スパッタリングなどの他のプラズマ処理装置にも適用可能である。また、本発明における被処理基板は半導体ウエハに限るものではなく、フラットパネルディスプレイ用の各種基板や、フォトマスク、ＣＤ基板、プリント基板等も可能である。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 9 3 】

【図１】本発明の第１の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【図２】第１の実施形態における中心および周辺インピーダンス調整部の構成例を示す図である。

【図３】第１の実施形態における中間および周辺インピーダンス調整部の作用を説明するための図である。

【図４】第２の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【図５】第２の実施形態における中心および周辺インピーダンス調整部の作用を説明するための図である。

20

【図６】第２の実施形態における中心および周辺インピーダンス調整部の構成例を示す図である。

【図７】第３の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【図８】第３の実施形態における中心および周辺インピーダンス調整部の作用を説明するための図である。

【図９】第４の実施形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す縦断面図である。

【符号の説明】

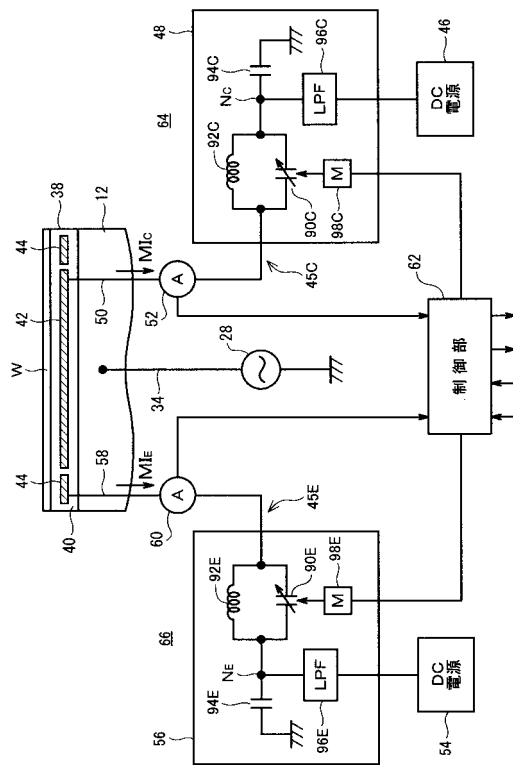
【 0 0 9 4 】

- 1 0 チャンバ（処理容器）
- 1 2 サセプタ（下部電極）
- 2 4 排気装置
- 2 8 高周波電源
- 4 2 中心導体
- 4 4 周辺導体
- 4 5 C 中心伝送ライン
- 4 5 E 周辺伝送ライン
- 4 6 , 5 4 ＤＣ電源
- 4 8 , 5 6 インピーダンス回路
- 5 2 , 6 0 電流センサ
- 6 2 制御部
- 6 4 中心インピーダンス調整部
- 6 6 周辺インピーダンス調整部
- 7 2 シャワーヘッド（上部電極）
- 8 2 処理ガス供給部
- 1 0 0 , 1 0 2 高周波電源
- 1 0 8 , 1 1 0 インピーダンス回路
- 1 5 0 中心発熱線
- 1 5 2 周辺発熱線
- 1 5 4 , 1 5 6 ヒータ電源

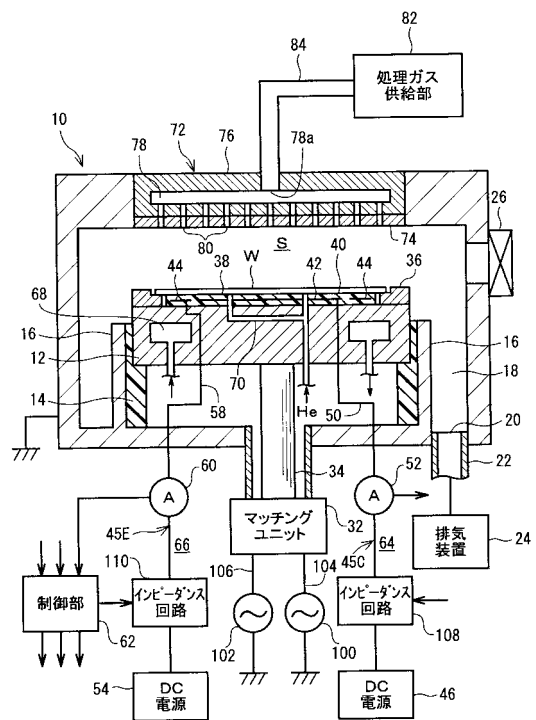
30

40

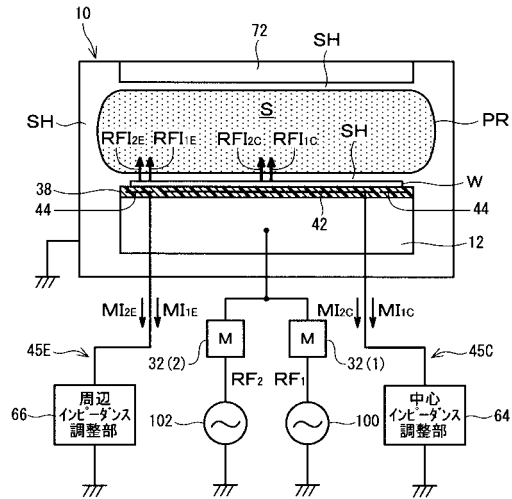
【圖 2】



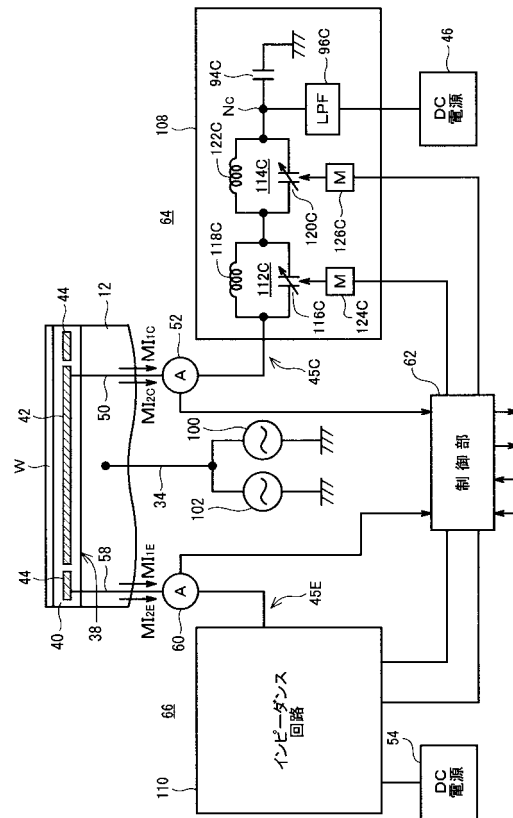
【 図 4 】



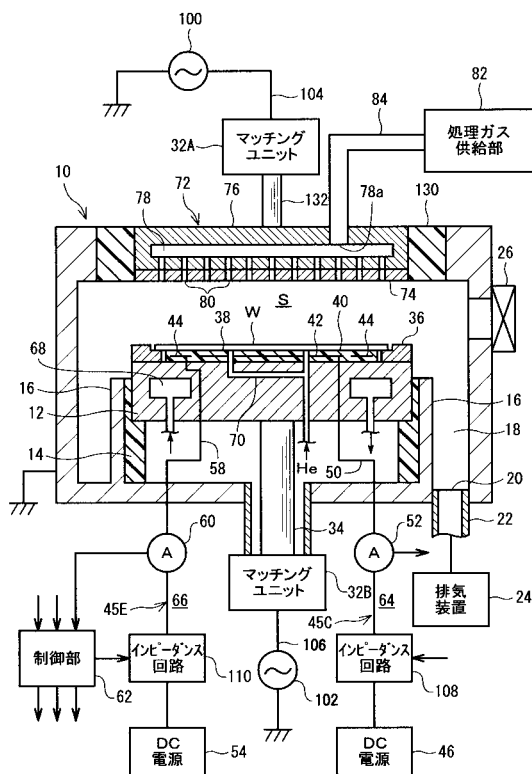
【図 5】



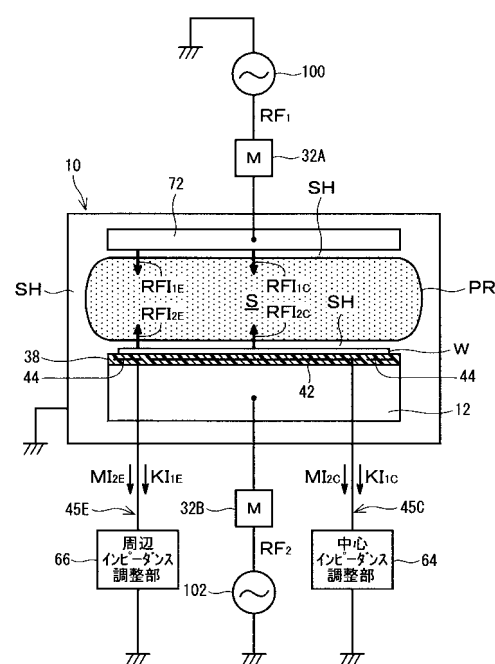
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-167283(JP,A)
特開2002-343768(JP,A)
実開平02-067634(JP,U)
特表2006-511059(JP,A)
特開2004-096066(JP,A)
実開平04-030728(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/3065
H01L	21/205
C23C	16/509
H05H	1/46